

Approfondimento sui condensatori e parametri

Come ben sappiamo l'unità di misura della capacità è il farad, in un condensatore è proporzionale alla superficie delle armature, è inversamente proporzionale alla loro distanza, e dipende anche dalla natura del dielettrico interposto tra le armature.

Inoltre, lo spessore ed il tipo di dielettrico fissano un limite per la massima differenza di potenziale presente tra le armature, ovvero la massima tensione applicabile al condensatore. Superando il limite della rigidità dielettrica, si ha infatti la rottura del dielettrico e il rilascio di corrente elettrica tra le armature, con conseguente danneggiamento del dispositivo. Per questo motivo, sui condensatori commerciali è riportato il massimo valore di tensione (altresì denominato tensione di lavoro) applicabile al condensatore affinché non si verifichi la rottura del dielettrico.

Per ridurre le dimensioni dei condensatori commerciali, specie se di elevata capacità, è necessario ricorrere a particolari geometrie costruttive che consentono di racchiudere armature di grandi superfici in spazi molto contenuti.

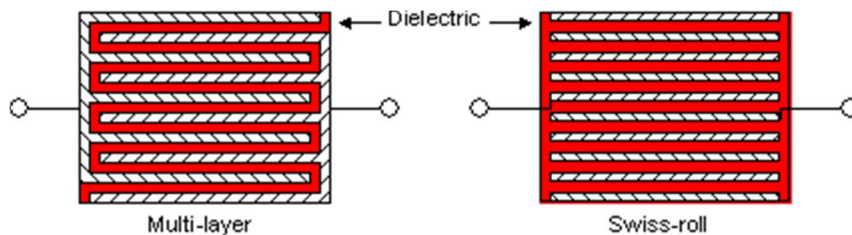


Fig. 1- Struttura multi-strato e a lamine arrotolate (vista in sezione)

Tuttavia, nella realizzazione pratica, i condensatori reali differiscono dai condensatori ideali per alcuni aspetti, generalmente indesiderati. Due parametri caratteristici dei condensatori reali sono la resistenza equivalente in serie (ESR) e l'induttanza equivalente in serie (ESL). Il primo, è assimilabile ad una resistenza connessa in serie ad un condensatore ideale, mentre il secondo ad un'induttanza collegata allo stesso modo.

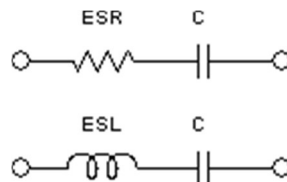


Fig. 2 - Modelli equivalenti per ESR ed ESL

Questi due parametri hanno l'effetto di aumentare indebitamente l'impedenza del condensatore all'aumentare della frequenza, e sono fortemente dipendenti dalla tipologia di dielettrico usato e dalla geometria costruttiva del condensatore.

Inoltre, la non idealità dei materiali dielettrici posizionati tra le armature, così come le caratteristiche dei materiali plastici impiegati per la realizzazione del contenitore esterno, contribuiscono a rendere

imperfetto l'isolamento tra le armature, che può essere immaginato come una resistenza di elevato valore in parallelo al condensatore ideale.

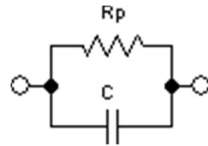


Fig. 3 - Modello equivalente per la resistenza d'isolamento

Questa resistenza ha l'effetto di produrre una certa corrente di perdita, che rappresenta un problema specialmente quando la differenza di potenziale tra le armature è notevole in quanto tende ad aumentare la dissipazione di calore del dispositivo che viene indicato dai produttori mediante il fattore di dissipazione. In definitiva, un condensatore reale può essere quindi rappresentato da un circuito equivalente come quello in figura.

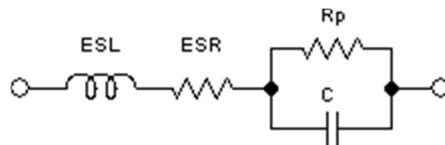


Fig. 4 - Modello equivalente di un condensatore reale

I valori dei condensatori più facilmente reperibili sono quelli normalizzati secondo la serie E6, la serie E12, indicati in tabella 1 e secondo la serie E24 indicati in tabella 2

11	12	15	18	22	27	33	39	47	56	68	82
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Tab. 1 - Valori normalizzati della serie E12

10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30
33	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91

Tab. 2 - Valori normalizzati della serie E24

A causa dei processi costruttivi e delle limitazioni imposte dai materiali usati, ogni condensatore è affetto da una certa tolleranza, che esprime il massimo scostamento percentuale della capacità effettiva rispetto a quella nominale. Valori comuni di tolleranza vanno dal $\pm 5\%$ al $\pm 20\%$ per i tipi più diffusi, mentre sono disponibili condensatori a tolleranza del $\pm 2\%$ o inferiore per applicazioni di precisione. La tolleranza viene indicata dal costruttore numericamente o attraverso un codice alfabetico stampato sul condensatore, mentre quando i valori sono bassi sono espressi come variazione relativa in capacità piuttosto che in percentuale.



- B come +/- 0.10%.
- C come +/- 0.25%.
- D come +/- 0.5%.
- E come +/- 0.5%. E' un duplicato del codice D.
- F come +/- 1%.
- G come +/- 2%.
- H come +/- 3%.
- J come +/- 5%.
- K come +/- 10%.
- M come +/- 20%.
- N come +/- 0.05%.
- P come da 100%, a 0%.
- Z come da +80%, a -20%.

Tab. 3 - Codice alfabetico per le tolleranze

La tipologia del dielettrico impiegato, così come la costruzione del condensatore, sono alla base delle caratteristiche di ciascun dispositivo; sta quindi al progettista scegliere il condensatore più adatto per la data applicazione, considerando che non esiste il "condensatore ideale".

Tipologie di dielettrici e loro caratteristiche

La tabella seguente mostra una comparazione delle principali caratteristiche dei più comuni dielettrici commercialmente impiegati nella costruzione dei condensatori. I valori indicati sono da considerarsi indicativi, in quanto soggetti anche a variazioni dipendenti dalle case costruttrici, valori più accurati dei parametri possono essere ricavati nei fogli tecnici (datasheet).



Dielettrico	Capacità disponibili (F)		Tolleranze disponibili		Tensioni di lavoro (V)	Resistenza isolamento (MΩ, typ)	Fattore di dissipazione (typ)	Risposta in Frequenza (1÷10)	Freq. max (Hz) per ΔC=±10%
	Min	Max	Min	Typ					
Ceramico a disco	1p	100n	±10%	±20%	50÷10k	10 ⁵	2%	8	100M
Ceramico multistrato	1p	5μ	±5%	±10%	50÷200	10 ⁴	2,5%	8	10M
Ceramico NPO	1p	10n	±0,5%	±5%	50÷200	10 ⁵	0,1%	9	10M
Vetro multistrato	1p	10n	±0,5%	±1%	50÷2k	10 ⁵	0,2%	9	10M
Mica	1p	50n	±0,5%	±1%	50÷500	10 ²	0,1%	7	100M
Poliestere	1n	50μ	±5%	±10%	50÷2k	10 ⁴	2%	6	100M
Policarbonato	1n	10μ	±1%	±10%	50÷2k	10 ⁵	1%	6	N.A
Polipropilene	1n	50μ	±0,5%	±5%	50÷2k	10 ⁵	0,35%	6	N.A
Polistirene	100p	100n	±0,5%	±5%	30÷1k	10 ⁶	0,1%	6	N.A
Tantalo solido	10n	1000μ	±5%	±20%	6÷125	10	16%	5	2k
Elettrolitico in alluminio	50n	1	±20%	-20% +80%	3÷600	10 ²	8%	2	N.A

Tab. 4 - Comparazione dei principali dielettrici (fonte: [AVX](#))

In particolare, la *resistenza d'isolamento* (settima colonna da sin) è approssimata all'ordine di grandezza, e varia in funzione dalla capacità del condensatore. La *valutazione della risposta in frequenza* (nona colonna da sin.) è espressa in una scala relativa da 1 a 10, e dipende essenzialmente dall'influenza dei parametri ESR ed ESL, così come la *frequenza per una variazione del ±10% della capacità effettiva* (decima colonna da sin.) che indica la massima frequenza ove si ha una variazione apparente del ±10% della capacità nominale del condensatore.